

Ing. Jan ANTONÍN
Ing. Petr KOTEK, Ph.D.
Ing. Petr VOGEL
EKOWATT, Liberec

Vliv zasklení lodžií na úspory v panelových domech s ohledem na vnitřní klima

Affect of Glazed Loggia as to Economies in Panel Houses regarding the Inside Environment

Recenzent
Prof. Ing. František Drkal, CSc.

Dodatečné zasklení lodžií panelového domu může značně ovlivnit energetickou bilanci i vnitřní klima jednotlivých bytů. Efekty zasklení nejsou zcela jednoznačné a budou se odvíjet od konkrétního konstrukčního řešení, původních vlastností budovy, ale i způsobu jejího provozu a chování uživatelů.

Uvedená studie analyzuje podrobnými simulačními metodami (Software IES – <VE>) několik modelových případů zasklených lodžií a snaží se vyjádřit potenciální úspory energie a některé vlivy na vnitřní klima přilehlých obývaných prostor.

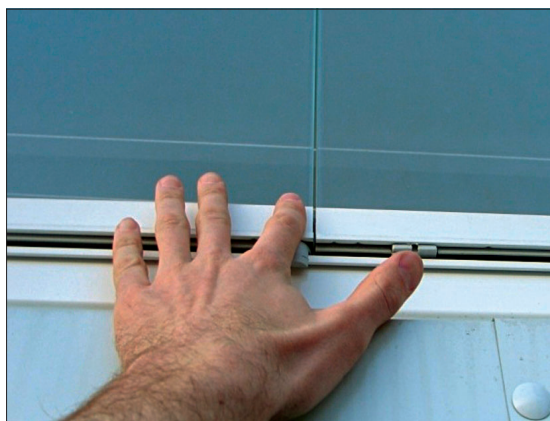
Klíčová slova: zasklení lodžie, úspora energie, režim větrání, dynamická simulace, vnitřní klima

The additional glazing loggias (enclosed balcony) in panel houses can substantially affect the energy balance and inside environment inside individual apartments. Effects of glazing are not quite definite and shall be derived from the specific structural design, original properties of the building as well as the method of its operation and behavior of users. Detailed simulation methods (Software IES – <VE>) analyze several model occurrences of glazed loggias and endeavor to express the potential energy economies (savings) and certain influences to the inside environment of adjacent occupied rooms, in the specified study.

Key words: glazed loggia, energy economies (savings), ventilation mode, dynamic simulation, inside environment.

ÚVOD

Na první pohled zřejmým efektem po realizaci zasklení je zvýšení teploty v prostoru lodžie a následné zmírnění tepelných ztrát do exteriéru. Na druhé straně zasklení lodžie sníží pasivní solární zisky do přilehlé zóny za lodžií. Průběh teploty v lodžii pak bude značně závislý na výměně vzduchu mezi lodžií a exteriérem (těsnosti spár zasklení). Významnou roli bude samozřejmě hrát také tepelný odpor a spárová průvzdušnost konstrukcí oddělujících lodžii od vytápěného prostoru. Hygienicky nutný přívod čerstvého vzduchu do obývaného prostoru pak může být po zasklení lodžie velmi omezen a bude zásadním způsobem záviset na zvyklostech uživatele, co se týče větrání.



Obr. 1 Mezera mezi tabulemi zasklení lodžie

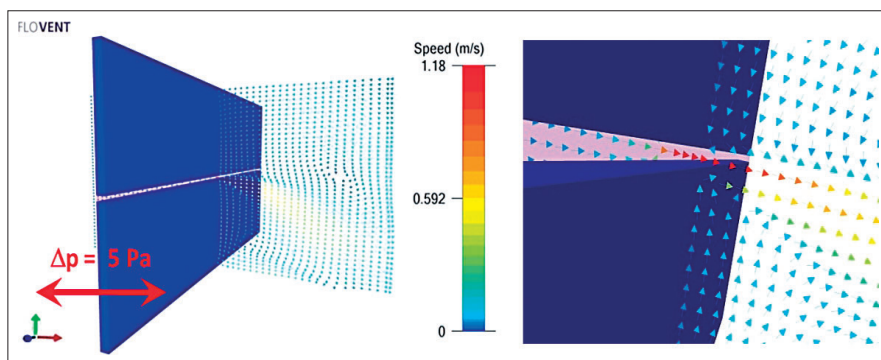


Obr. 2 Příklad nedostatečného větrání lodžie

TĚSNOST LODŽIOVÉHO ZASKLENÍ

Obecně lze konstatovat, že při správném užívání bude vysoká těsnost zasklení nejspíše přínosem. Často je však pravidelné větrání komplikované a z hlediska uživatele nekomfortní. V takových případech je záměrně vynecháno těsnění a mezi tabulemi je ponechána několik milimetrů silná spára.

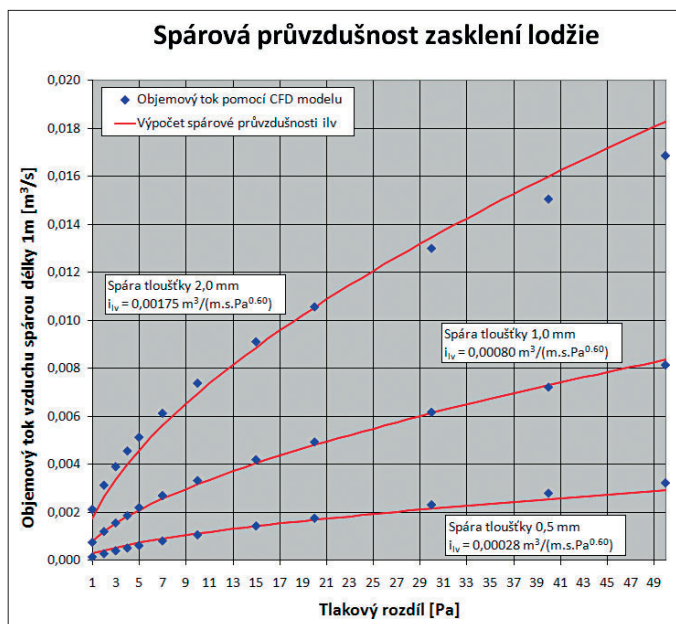
Pro potřeby následných výpočtů jsou CFD modelem stanoveny spárové průvzdušnosti pro různé šířky mezery mezi tabulemi. Modelována je spára



Obr. 3 CFD model proudění vzduchu spárou mezi tabulemi zasklení

ra o šířce 0,5; 1 a 2 mm mezi tabulemi tloušťky 4 mm za různých tlakových diferencí. Ukázku modelu uvádí obr. 3.

Z modelovaných stavů jsou následně vypočteny závislosti průtoku vzduchu na tlakovém rozdílu. Z důvodu následného využití v software IES <VE> je spárová průvzdušnost stanovena v jednotkách $[m^2/(s \cdot Pa^{0,60})]$. Následující uvádí modelové stavy a vypočtené spárové průvzdušnosti.



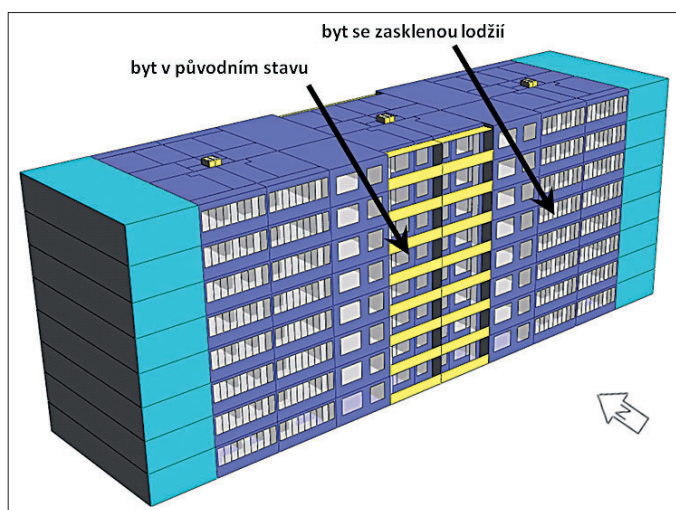
Obr. 4 Stanovení spárové průvzdušnosti pro různé tloušťky mezery mezi tabulemi zasklení

Běžnou šířkou spáry mezi zasklením jsou cca 2 mm (viz obr. 1). Pro takový případ je vypočtená spárová průvzdušnost $i_{LV} = 0,00175 \text{ m}^2/(\text{s.Pa}^{0.60})$ (viz obr. 4). Takováto hodnota je cca trojnásobkem běžné hodnoty spárové průvzdušnosti původních vstupních dveří panelových objektů (nejčastěji se vyskytující hodnotou je $i_{LV} = 0,00056 \text{ m}^2/(\text{s.Pa}^{0.67})$ [1]. V případě uvažování spáry šířky 0,5 mm bude mít součinitel spárové průvzdušnosti hodnotu $i_{LV} = 0,00028 \text{ m}^2/(\text{s.Pa}^{0.60})$, což je hodnota asi o polovinu vyšší, než kterou vykazují okna původní zástavby ($i_{LV} = 0,00019 \text{ m}^2/(\text{s.Pa}^{0.67})$) [2].

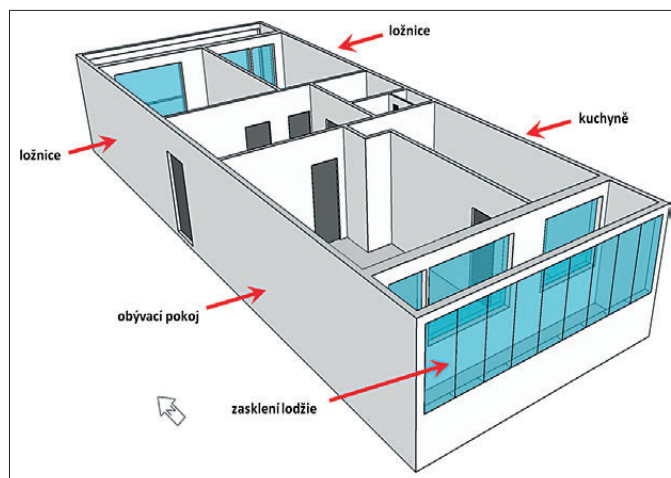
PODROBNÝ SIMULAČNÍ MODEL PANELOVÉHO OBJEKTU SOUSTAVY VVÚ ETA

Pro vyhodnocení vlivu zasklení lodžii je simulováno chování osmipodlažního objektu panelové soustavy VVÚ ETA postaveného po roce 1979. Byty objektu typu 3+1 o podlahové ploše cca 73 m² (obestavěný objem 210 m³) mají lodžie šířky 6 m z jižní i severní strany. Na modelovém objektu se vyskytují identické byty jak se zasklenými lodžii, tak bez zasklení, v původním stavu (viz obr. 5 – žlutě znázorněn parapet lodžie a markýza).

Parametry původních konstrukcí objektu odpovídají obvyklým hodnotám po změně tepelně – technické normy v roce 1979 (např. pro souči-



Obr. 5 Simulační model objektu panelového domu VVÚ ETA



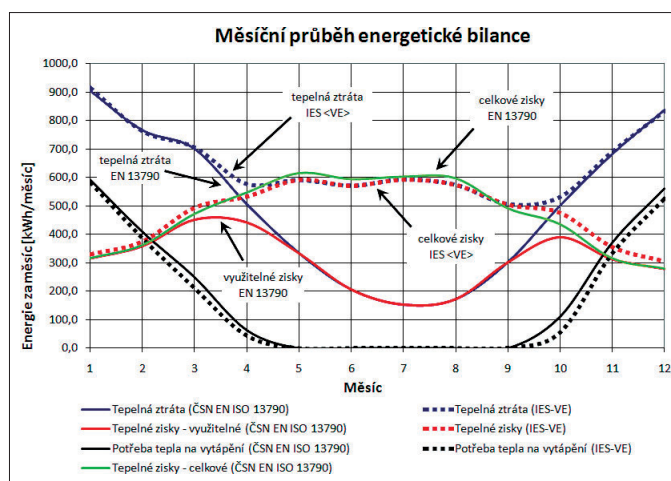
Obr. 6 Model simulovaného bytu s lodžiovým zasklením z jižní strany

telu prostupu tepla obvodových stěn je použita hodnota přibližně $U = 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, pro střešní plášť potom cca $U = 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$). Modelové byty mají dvě ložnice ze severní strany. Z jižní strany sousedí s lodžii obývací pokoj a kuchyně (viz obr. 6).

Pro ověření výstupních hodnot z dynamického simulačního modelu je vypočtena energetická náročnost po měsících podle metodiky ČSN EN ISO 13790, kdy při uvažované intenzitě větrání (násobnosti výměny vzduchu) $n = 0,5 \text{ 1/h}$ vykazuje byt v původním stavu bez zasklených lodžii měrnou potřebu tepla na vytápění 73 kWh/(m².rok). Graf (viz obr. 7) uvádí porovnání měsíční energetické bilance podle zmíněných dvou metodik výpočtu pro zcela nevětraný byt. Lze konstatovat, že výpočet podle měsíční metodiky se v tomto případě velmi dobře shoduje s dynamickou simulací, kdy pro teploty venkovního vzduchu a hodnoty intenzit slunečního záření je použita klimatická databáze pro pražské podmínky generovaná software Meteororm. Průměrné měsíční hodnoty globálního slunečního záření na vodorovnou plochu jsou téměř shodné s pražskými daty standardně používanými při výpočtech podle ČSN EN ISO 13790 (např. data měřená ČHMÚ z období 1961 až 1990). Průměrné měsíční teploty podle Meteororm jsou pak v průměru přibližně o 1 °C vyšší.

Tab. 1 Porovnání průměrných měsíčních teplot klimatické databáze Meteororm a ČHMÚ 1961–1990

Měsíc	Průměrné měsíční teploty venkovního vzduchu [°C]											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Meteororm	-1.2	0.7	4.4	8.3	13.8	16.4	17.7	17.6	13.8	9.3	3.6	0.8
ČHMÚ 1961–1990	-2.4	-0.9	3.0	7.7	12.7	15.9	17.5	17.0	13.3	8.3	2.9	-0.6



Obr. 7 Porovnání měsíční energetické bilance podle ČSN EN ISO 13790 a dynamické simulace IES <VE> pro nevětraný byt (viz varianta č. 0 v tab. 2)

POPIS HODNOCENÝCH VARIANT

Je zřejmé, že zasklení lodžie bude mít jiný vliv v případě nerekonstruovaného bytu s původními netěsnými okny než u objektu s novými okny a např. ještě zateplenou obvodovou stěnou.

Pro vyjádření důsledků zasklení lodžie je uvedeno sedm variant s různým režimem větrání a různými parametry konstrukcí. U každé varianty je vždy porovnávána dvojice identických bytů, kdy jeden z bytů má zasklenou lodžii a druhý ne. Popis hodnocených variant uvádí Tab. 2.

Tab. Popis hodnocených variant konstrukcí a režimu větrání pro modelový byt

Varianta	Schéma půdorysu bytu	Vyměněná okna v celém bytě	Zateplená obvodová stěna (i na lodžii)	Spárová průvzdušnost zasklení lodžie [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,60}$]	Režim otevření oken interiéru	Režim otevření zasklení lodžie
0				0,00175	zavřeno	zavřeno
1				0,00175	A	zavřeno
2				0,00028 (utěsněno)	A	zavřeno
2A				0,00028 (utěsněno)	A	A**
3		•		0,00028 (utěsněno)	A	zavřeno
4		•	•	0,00028 (utěsněno)	A	zavřeno
4A		•	•	0,00028 (utěsněno)	A	A**

Pozn.: režim A značí větrání místnosti na základě koncentrace CO_2 a teploty v interiéru, režim A** značí otevření lodžiového zasklení shodně s otevřením oken z interiéru na lodžii

Varianta č. 0 uvažuje obvodové konstrukce (stěny a okna) v původním stavu. Větrání se u této varianty realizuje pouze infiltrací (okna jsou tedy stále zavřená). U bytu se zasklenou lodžii je pak uvažováno s neutěsněnými spárami tloušťky 2 mm mezi tabulemi zasklení se spárovou průvzdušností $i_{LV} = 0,00175 \text{ m}^2/(\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,60})$. Lodžiové zasklení je rovněž uvažováno stále zavřené.

Varianta č. 1 uvažuje oproti variantě 0 manuální větrání okna na základě parametrů vnitřního prostředí. Pro obývací pokoj je v zimním období uvažováno, že uživatel otevře okna v případě, že koncentrace CO_2 v dané místnosti stoupne nad 2000 ppm. V letním období potom přistupuje ještě podmínka větrání na základě teploty vzduchu v místnosti (v případě teploty vyšší než 27°C , bez ohledu na teplotu vzduchu na lodžii). Profil větrání v ostatních místnostech není z důvodu rozsahu článku rozebírán.

Ve variantě č. 2 je oproti předchozímu stavu počítáno s utěsněním spár mezi tabulemi zasklení (pro spárovou průvzdušnost je použita hodnota $0,00028 \text{ m}^2/(\text{s} \cdot \text{Pa}^{0,60})$).

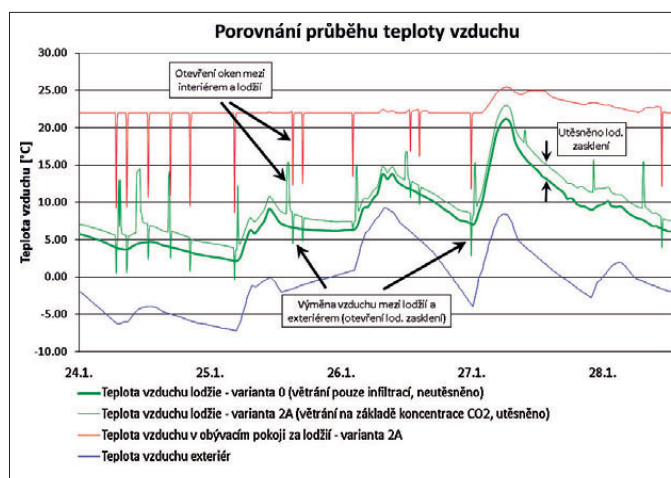
Jelikož se dá v případě utěsněných spár zasklení předpokládat výměna vzduchu přes prostor lodžie do interiéru jako nedostatečná, je ve variantě č. 2A počítáno s otevřením lodžiového zasklení vždy, když se otevře okno z obývacího pokoje na lodžii.

Varianty č. 3–4A dále uvažují postupně s instalací nových plastových oken a zateplením obvodové stěny (viz).

Je možné očekávat, že v případě takto hlubokého bytu (šířka lodžie = 6 m, hloubka bytu = 13,2 m), kdy je plocha ochlazené obálky vůči podlahové ploše poměrně malá, bude ztráta větráním hrát významnou roli.

VÝSTUPY

Lze konstatovat, že u všech řešených variant ovlivní lodžiové zasklení příznivě tepelnou ztrátu prostupem. Podle simulačního výpočtu průměrný



Obr. 8 Průběh teploty vzduchu v prostoru lodžie, obývacího pokoje a exteriéru

teplotní rozdíl ($T_{\text{interiér}} - T_{\text{exteriér}}$) pro základní variantu (var. č. 0) se vlivem zasklení (u varianty č. 1) např. v měsíci lednu zmírní cca o 7°C . Tato hodnota odpovídá i výsledkům měření v období leden – únor 1994 firmou VÚPS – CSI a. s. Praha, kdy byla po sedm týdnů měřena zavřená lodžie s neutěsněnými spárami (teplota exteriéru se pohybovala v rozmezí -15 až 10°C) [3]. Podle měření činil teplotní rozdíl v rozmezí venkovních teplot -5 až $+5^\circ\text{C}$ $\Delta T = 5$ až 6°C . Studie [3] zároveň uvádí vypočtenou procentuální úsporu v potřebě tepla na vytápění mezi 21 až 37 % v závislosti na poloze lodžie vůči světovým stranám.

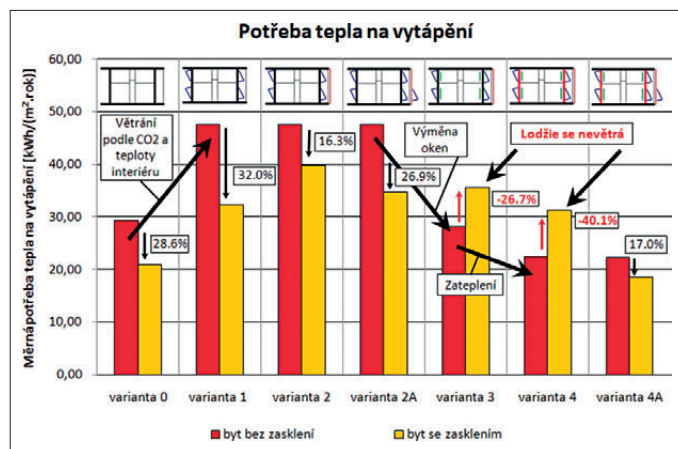
Je zřejmé, že teplota na lodžii bude tím vyšší, čím intenzivnější bude výměna vzduchu mezi interiérem a prostorem lodžie. V kombinaci s utěsněnými spárami zasklení se pak může průměrná teplota vzduchu (v lednu) v prostoru lodžie zvýšit až na cca 15°C (varianty č. 2,3,4). Graf (viz obr. 8) ukazuje průběh teploty vzduchu v prostoru lodžie, obývacího pokoje za lodžii a exteriéru pro období 24. až 28. ledna (klimatická databáze Meteo-norm). Pro porovnání je uvedena teplota na lodžii pro variantu č. 0 (větrání pouze infiltrací) a variantu č. 2A (větrání na základě CO_2 s utěsněným zasklením).

Zvýšení teploty v prostoru lodžie sice zmírní ztráty prostupem, ale pokud je způsobeno výměnou vzduchu z interiéru, bude mít negativní dopad na ztrátu větráním. Bude tedy do značné míry záviset na tom, jakou strategii větrání uživatel zvolí.

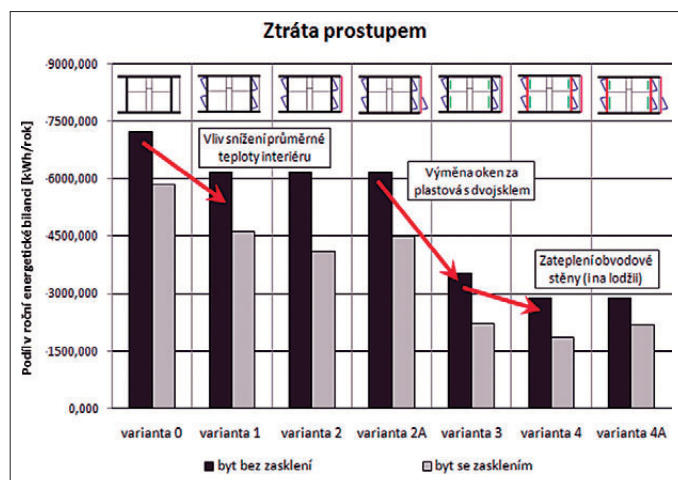
Je třeba zmínit, že efekt lodžiového zasklení může mít ve výsledku i negativní dopad na potřebu energie, paradoxně především v případech, kdy bude lodžiové zasklení stále zavřeno a utěsněno. V takovém případě bude k udržení požadované koncentrace CO_2 třeba intenzivnějšího větrání mezi obytnými místnostmi a lodžii (jelikož na lodžii není dostatečně „čerstvý“ vzduch). Výsledkem pak bude poměrně vysoká teplota na lodžii a tím i vyšší ztráta do exteriéru.

Vzhledem k tomu, že vhodná výměna čerstvého vzduchu pro 1 osobu je cca $25 \text{ m}^3/\text{h}$ a objem vzduchu na lodžii délky 6 m je 19 m^3 , je zřejmé, že v případě obývacího pokoje se dvěma přítomnými osobami je třeba vyměnit vzduch častěji, nežli každých 30 min a to ještě v případě, kdy očekáváme, že se mezitím stihne samotný prostor lodžie vyvětrat netěsnostmi. Pokud by samozřejmě uživatel akceptoval nehygienicky vysokou koncentraci CO_2 , nemůže mít těsnost zasklení na potřebu tepla jiný, nežli pozitivní efekt.

Graf (viz obr. 9) uvádí porovnání měrné potřeby tepla na vytápění pro všechny řešené varianty. U variant 3 a 4 je zřejmý negativní dopad zasklení. Na následujících grafech (obr. 10 a obr. 11 je potom vzájemné porovnání ztráty prostupem a větráním (zvýšení ztráty větráním u variant č. 2, 3, 4).



Obr. 9 Porovnání měrné potřeby tepla na vytápění celého bytu pro hodnocené varianty



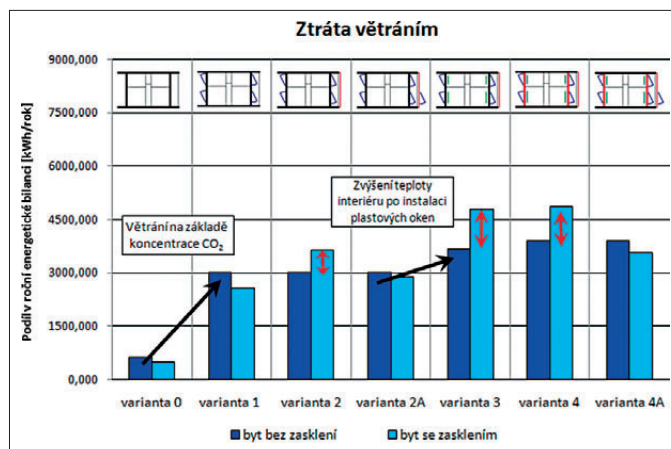
Obr. 10 Porovnání ztráty prostupem

Pozn.: Ztráta prostupem je v podstatě soumou tepelných toků vedením (stěnou a okny z obývacího pokoje na lodžii) a liší se od ztráty prostupem například podle měsíčního výpočtu podle ČSN EN ISO 13790. V roční sumě jsou obsaženy i tepelné toky mimo otopné období, které jsou však v tomto období plně kryty solárními zisky. Solární zisky vedou v letním období ke zvýšení teploty interiéru nad požadovanou hranici (klimatizace není uvažována). To vede na druhé straně opětovně ke zvýšení tepelných toků vedením, čímž se následně ustaví rovnováha. U varianty 0 (stále zavřená okna i lodžiové zasklení) je samozřejmě průměrná teplota interiéru vyšší, nežli u varianty 1, kdy je uvažováno s větráním podle režimu A (viz Tab. 2). Proto budou tepelné toky vedením (ztráta prostupem) u varianty 1 nutně nižší nežli u varianty 0.

ZÁVĚR

Teoretická měrná potřeba tepla na vytápění řešeného bytu se bude u řešených variant pohybovat cca mezi 18 a 47 [kWh/(m².rok)] (viz obr. 9), přičemž u bytů se zasklenými lodžiami bude dosaženo procentuální úspory od 16 do 32 % oproti stavu bez zasklení. Nejvyšší úsporu (32 % ≈ 1100 kWh) lze očekávat u nezatepleného objektu s původními okny. Úspora je dosažena zasklením lodžie o délce 6 m a prakticky lze tedy s jistým zjednodušením počítat u obdobných panelových objektů s úsporou necelých 200 kWh na 1 metr délky lodžie a rok (což při ceně tepla 1,7 Kč/kWh a účinnosti distribuce a sdílení tepla v objektu např. 85 % činí 400 Kč/(metr.rok), pro lodžii délky 6 m tedy celkem 2400 Kč/rok).

V případě objektu, kde je obvodová stěna zateplena a jsou instalována nová okna (součinitel prostupu tepla stěny i oken na doporučených hodnotách) bude procentuální úspora přibližně poloviční (17 %, rozdíl identických bytů bez lodžiového zasklení a se zasklením). Pokud bychom uvažo-



Obr. 11 Porovnání ztráty větráním

Pozn.: Ztráta větráním je v podstatě soumou tepelných toků větráním v součtu přes celý rok a liší se od ztráty větráním například podle měsíčního výpočtu podle ČSN EN ISO 13790. Především v letním období se projeví zvýšení teploty interiéru díky menší těsnosti a lepšímu součiniteli prostupu tepla nových oken. Zvýšení teploty vzduchu v interiéru způsobí zvýšení tepelného toku větráním. Je tedy zřejmé zvýšení ztráty větráním mezi variantami 2A a 3.

vali aplikaci zasklení na jižní i severní lodžii, byly by pro výše řešený byt v nerekonstruovaném stavu (bez zateplení a výměny oken) úspory nejspíše vyšší než 50 %.

Hodnota spárové průvzdušnosti lodžiového zasklení v neutěsněném stavu je přibližně třikrát vyšší, nežli se pohybuje hodnota pro vstupní dveře panelových objektů v původním stavu. Těsnost lodžiového zasklení nemá ovšem jednoznačně příznivý dopad na snížení potřeby tepla na vytápění. V případě takového režimu manuálního větrání, který udrží vnitřní koncentraci CO₂ na hygienicky únosné hranici, bude především v případech utěsněných a nevětráných (neotevíraných do exteriéru) lodžii efekt zasklení přesně opačný a povede ve výsledku ke zvýšení potřeby tepla na vytápění až o 40 %. Reálně však nelze očekávat takto „ukázněné“ chování uživatelů bytů a tak v těchto případech těsnost lodžie povede spíše k nehygienicky vysokým koncentracím CO₂ v interiéru.

Nejvhodnější strategií větrání s pozitivním dopadem jak na vnitřní mikroklima, tak na potřebu tepla na vytápění je otevření lodžiového zasklení vždy společně s okny do interiéru. V případě varianty 4A (konstrukce na doporučených hodnotách, otevírání lodžiového zasklení) je pak možné potřebu tepla na vytápění i bez použití rekuperace odpadního vzduchu přiblížit hranici pasivního standardu, tedy cca 18 kWh/(m².rok).

Kontakt na autory:

jan.antonin@ekowatt.cz, petr.kotek@ekowatt.cz, petr.vogel@ekowatt.cz

Použité zdroje:

- [1] Mrlík, F., Vlastnosti oken a dveří v laboratorii i na stavbách. Zpravodaj č. 4/1987, VÚPS Praha
- [2] ČSN 730540-3 Tepelná ochrana budov, Část 3: Návrhové hodnoty veličin, 2005
- [3] Ing. Jaroslav Šafránek, CSc., (Centrum stavebního inženýrství a.s.): Protokol o vyhodnocení úspor energie na vytápění objektů při realizaci zasklení lodžii – systém Optimi
- [4] Software (IES – <VE>) version 5.9.0.3, Integrated Environmental Solutions (IES) Ltd. 2009

Poděkování:

Článek je součástí informační kampaně projektu výzkumu a vývoje Komplexní rekonstrukce panelových domů v nízkoeNERgetickém standardu VAV-SP-3g5-221-07 podpořeného Ministerstvem pro životní prostředí České republiky.